

none



none

INVESTOR IN PEOPLE

PN - JP10307221 A 19981117
 PD - 1998-11-17
 PR - JP19970119060 19970509
 OPD - 1997-05-09
 TI - SEMICONDUCTOR OPTICAL COUPLING DEVICE AND ITS
 ASSEMBLING METHOD
 IN - IWATO TAISUKE;AOKI SATOSHI;FUKUDA KAZUYUKI;INOUE
 YASUYUKI;SHIMAOKA MAKOTO;TERAOKA TATSUO;HIBINO
 YOSHINORI;ISHIKAWA TADAALKI
 PA - HITACHI CABLE;HITACHI LTD;NIPPON TELEGRAPH &
 TELEPHONE
 IC - G02B6/12 ; G02B6/30 ; G02B6/42 ; H01L31/0232 ; H01S3/18
© WPI / DERWENT

TI - Semiconductor optical coupler for WDM based bi-directional
 communication system - has groove on substrate into which filter is
 inserted and fixed
 PR - JP19970119060 19970509
 PN - JP10307221 A 19981117 DW199905 G02B6/12 006pp
 PA - (HITD) HITACHI CABLE LTD
 - (HITA) HITACHI LTD
 - (NITE) NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP
 IC - G02B6/12 ;G02B6/30 ;G02B6/42 ;H01L31/0232 ;H01S3/18
 AB - J10307221 The coupler has a substrate (1) on which optical
 elements (2,3) are formed. The substrate has a groove (8) into
 which a filter (7) is inserted and fixed. The filter performs optical
 path switching to select wavelength of an optical transmission line
 (6).
 - ADVANTAGE - Facilitates firm fixation of filter into groove, thereby
 raises durability.
 - (Dwg.1/9)

OPD - 1997-05-09

AN - 1999-055278 [05]

© PAJ / JPO

PN - JP10307221 A 19981117
 PD - 1998-11-17
 AP - JP19970119060 19970509
 IN - SHIMAOKA MAKOTO;FUKUDA KAZUYUKI;ISHIKAWA

none

none

none

THIS PAGE BLANK (USPTO)

none

none

none



Patent
Off. of
JAPAN
TRADE MARKS



TADAHIKI;TERAOKA TATSUO;AOKI SATOSHI;IWATO TAISUKE;NOUE
YASUYUKI;HIBINO YOSHINORI

PA - HITACHI LTD;HITACHI CABLE LTD;NIPPON TELEGR &
TELEPH CORP <NTT>

TI - SEMICONDUCTOR OPTICAL COUPLING DEVICE AND ITS
ASSEMBLING METHOD

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain the semiconductor optical
coupling device which has an optical element inside and is suitable
for the insertion and stable fixation of a filter halfway into an optical
waveguide by forming grooves in various shapes in part of an
optical element transmission line, and inserting filters in various
shapes into the grooves and bonding and fixing them.
- SOLUTION: On an Si substrate 1, an optical transmission line 6 as
an optical waveguide is formed and an LD element 2 and a PD
element 3, and optical fibers 4 and 5 are optically coupled to
assemble the device. The filter 7 is inserted into a groove formed in
the Si substrate 6 and fixed. Grooves 8 formed halfway in the
optical transmission line 6 are in a T shape, a U shape, a
semicircular shape, and a triangular shape, and filters 7 are formed
in a T shape, a U shape, a semicircular shape, a triangular shape,
a quadrilateral shape, etc. Thus, the groove 8 and filter 7 are joined
together and then the filter 7 can surely be fixed in the groove 8.
Further, the filter shape is compact and the fixation into the groove
8 is easy and automated. Further, no peeling is caused at the join
part in spite of long-period use.
- G02B6/12 ;G02B6/30 ;G02B6/42 ;H01L31/0232 ;H01S3/18

none

none

none

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-307221

(43)公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 2 B 6/12
6/30
6/42
H 0 1 L 31/0232
H 0 1 S 3/18

識別記号

F I
G 0 2 B 6/12
6/30
6/42
H 0 1 S 3/18
H 0 1 L 31/02
審査請求 未請求 請求項の数? OL (全 6 頁)
F
C

(21)出願番号 特願平9-119060

(22)出願日 平成9年(1997)5月9日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(71)出願人 000005120
日立電線株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目1番2号
(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(72)発明者 嶋岡 誠
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

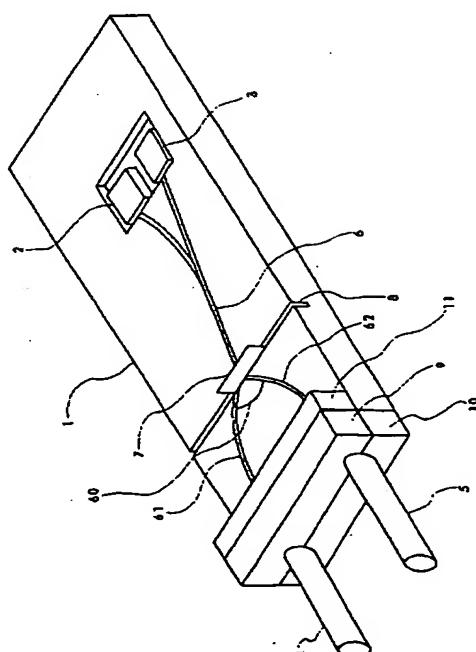
(54)【発明の名称】 半導体光結合装置及びその組立方法

(57)【要約】

【課題】光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの半導体光結合装置において、光導波路に挿入して光を分離、透過するフィルタ、及び溝の形状、形成方法を適正化する。

【解決手段】予め、光導波路6の途中でダイシング切断したU字、半円などの溝8を形成し、次に溝8に適したフィルタ形状のものを選定し、フィルタホルダに固定後、光導波路上に光結合調整、固定する。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタと、光伝送路の一部に溝を設け、前記フィルタの一部に角形ブロック接合部に溝を設け、前記フィルタの一部に角形ブロック接合部に溝を設け、前記フィルタを挿入して接着固定することを特徴とする半導体光結合装置。

【請求項2】基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタと、光伝送路の一部に溝を設け、前記フィルタの両側に角形ブロック接合部に溝を設け、前記フィルタを挿入して接着固定することを特徴とする半導体光結合装置。

【請求項3】請求項1または2において、前記フィルタが $1.5\mu m$ 帯の波長光を反射させる誘電体多層膜、多層膜を支持する基板、多層膜と基板との間のバッファ膜の3層構造である半導体光結合装置。

【請求項4】請求項1、2または3において、前記フィルタの誘電体多層膜は、 TiO_2 、 SiO_2 などの酸化物、前記基板は、ポリイミド、 Si 単結晶、ホウケイ酸ガラス、石英ガラス、前記バッファ膜は、 Ni 、 Cu 、 Al などの金属膜で形成した半導体光結合装置。

【請求項5】請求項1または2において、前記溝の形状がT字形、U字形、半円形、三角形である半導体光結合装置。

【請求項6】請求項1または2において、フィルタ断面形状がT字形、J字形、円形、三角形、四角形、H字形である半導体光結合装置。

【請求項7】基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタと、光伝送路の一部に溝を設けた後、前記光素子の光入力端所定位置に半導体素子を接合し、次に、光出力端に光ファイバを光軸調整固定し、前記光ファイバから入射したモニタ光を使って前記光素子光伝送路の溝にフィルタを挿入し、位置合わせして固定することを特徴とする半導体光結合装置の組立方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体光結合装置及びその組立方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、双方向の光送受信機能と波長多重分波機能を兼ね備えた装置において、例えば、1995年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-229、"石英系PLCを用いた誘電体多層膜フィルタ反射型WDM"に記載のように、 Si 基板上には石英系PLC (Planar Lightwave Circuit) 導波路が形成されている。PLC端面には所定位置にLD (Laser Diode)、PD (PhotoDiode)、ファイバがそれぞれ光学的に結合するように配置し接合されている。石英系導波路の途中に挿入されるフィルタは、反射型WDM (Wavelength Division Multiplexing) フィルタで、誘電体多層膜で構成されている。

【0003】送受信の方法は、まず、受信側では、ファイバを通して送信されてきた 1.3 と $1.5\mu m$ 帯の多重光をコモンポートから入射し、フィルタで $1.3\mu m$ 帯の光と $1.5\mu m$ 帯の光を分離するとともに $1.5\mu m$ 帯の光を反射させ、導波路に入れる。 $1.3\mu m$ 帯の光は、フィルタを透過して導波路を通ってY分岐でPD素子、LD素子に結合される。

【0004】一方、送信側では、LD素子から発信し、導波路を伝播した光はフィルタを透過して所定の導波路に入り、コモンポートファイバに再入射される構造となっていた。WDMフィルタは Si 基板に溝を設け、この中に短冊状フィルタを挿入固定した構造で、導波路交差点が20度の時フィルタを $4\mu m$ 以内に挿入すると結合損失の少ない組み立てができるとの開示がなされていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術は、WDMフィルタが Si 基板に設けた 10 から $30\mu m$ のわずかな溝に深さ $500\mu m$ 程度の深さで挿入される。WDMフィルタサイズが例えば $1.5 \times 0.5 \times 0.02$ の大きさである。フィルタ挿入の方法については、何ら開示されていない。したがって、極わずかな溝にフィルタを挿入し、導波路間の光結合を極微少のフィルタを保持しながら調節する方法について、フィルタ保持方法、光軸調整方法、作業性がなどが不明であった。導波路間に溝を設けるには、 Si の異方性エッチング、ドライエッチング、ブレードを使った切断などが考えられるが、精度よく切断する方法について、なんら説明がなされていなかった。また、例え精度よく加工できても、フィルタを光軸合わせし、極微少のフィルタを精度よく固定する方法は明らかでなかった。

【0006】本発明の目的は、光ファイバを介して光の伝送を行う光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子を内在してなる半導体光結合装置において、光導波路途中に溝を設けフィルタ挿入し、安定して固定できるに好適な半導体光結合装置及びその組立方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明は基板上に形成された光導波路と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられたLD素子、PD素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタからなる半導体光結合装置において、前記光素子光伝送路の一部に各種形状の溝を設け、前記溝に各種形状をしたフィルタを挿入し、接合固定する。

【0008】すなわち、本発明は、基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタからなる半導体光結合装置において、前記光素子光伝送路の一部に溝を設け、前記溝にフィルタを挿入した。

【0009】また、本発明は、基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタからなる半導体光結合装置において、前記光素子光伝送路の一部に溝を設け、前記溝にフィルタを挿入して接着固定した。

【0010】また、本発明は、基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタからなる半導体光結合装置において、前記光素子光伝送路の一部に溝を設け、前記溝にフィルタの両側に角形ブロック接合後、前記溝にフィルタを挿入して接着固定した。

【0011】また、本発明は、前記半導体光結合装置において、フィルタが $1.5\mu\text{m}$ 帯の波長光を反射させる誘電体多層膜、多層膜を支持する基板、多層膜と基板との間のバッファ膜の3層構造とした。

【0012】また、本発明は、前記半導体光結合装置において、フィルタの誘電体多層膜は、 TiO_2 、 SiO_2 などの酸化物、基板は、ポリイミド、 Si 単結晶、ホウケイ酸ガラス、石英ガラス、バッファ膜は、 Ni 、 Cu 、 Al などの金属膜で形成した。

【0013】また、本発明は、前記半導体光結合装置において、溝形状がT字形、U字形、半円形、三角形とした。

【0014】また、本発明は、前記半導体光結合装置において、フィルタ断面形状がT字形、U字形、円形、三角形、四角形、H字形とした。

【0015】基板上に形成された光集積回路、光導波路、光合分波器、光スイッチなどの光素子と、前記光素子の光入力端に光結合するように設けられた半導体素子と、光出力端に光結合するように設けられた光ファイバと、光伝送路の波長選択、光路切り替えを行うフィルタからなる半導体光結合装置において、前記光素子光伝送路の一部に溝を設けた後、光素子の光入力端所定位置に半導体素子を接合し、次に、光出力端に光ファイバを光軸調整固定し、光ファイバから入射したモニタ光を使って前記光素子光伝送路の溝にフィルタを挿入し、位置合わせして固定する組み立てを行う。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第一の実施例を図1により説明する。図1は、半導体光結合装置を示す斜視図である。図1によると、 Si 基板1上に光導波路を形成してLD素子2、PD素子3と光ファイバ4、5とを光学的に結合し組み立てている。光導波路である光伝送路6は、 $8 \times 8 \mu\text{m}$ 角のコアガラスとその周りはクラッドガラスから形成され、屈折率差を設けて光を閉じこめ伝送を行う。

【0017】ファイバ4、5と光伝送路6 1、6 2との光結合は、予めファイバ端部にブロック9、10で挟み込んで接合しておき、一方の伝送路6 1、6 2端部にもブロック11を接合しておく。このように端面どうしを成形したものを光結合調整して接合する。ファイバ端面と伝送路とが直角で光結合すると、ファイバ端面、伝送路端面でフレネル反射が発生し、伝送路と光結合を起こし伝送障害となることがある。そこで、反射を抑制する方法として、光の伝搬方向に対して 8° あるいはそれ以上傾けるようにブロック9、10を端面研磨することが適している。ファイバ端部を固定するブロックの材質は、光導波路を形成する基板と同一の Si 単結晶、サファイアガラス、ホウケイ酸ガラスなどが適している。また、ブロックにファイバ固定する時、溝を加工しこの中にファイバ挿入して固定するが、溝形成は、Vあるいは半円形状をダイシング加工あるいは異方性エッチングする方法が適している。

【0018】光ファイバ4を通って入射される受信光は、 1.3 及び $1.5\mu\text{m}$ 帯の多重光である。光ファイバは、単一モードファイバ(コア径 $8\mu\text{m}$)が適している。この多重光が光伝送路6 1と光結合されてフィルタ7に入射すると、 $1.3\mu\text{m}$ 帯の光はフィルタ7透過するように、 $1.5\mu\text{m}$ 帯の光は全反射を起こし、光伝送路6 2から光ファイバ5に入るようにはバッタリング膜を形成している。フィルタ7は Si 基板1に設けた溝8に挿入され、固定されている。フィルタ寸法は、例えば、 $1.5 \times 0.5 \times 0.02$ のものを使用する。溝の幅は 0.02 より大きいことが望ましいが、大きすぎると、図2に示すように、フィルタ7が溝8の中で不安定となり、全反射した時、光伝送路6 2への結合が劣化する可能性

がある。前記の公知例によると、光伝送路角60が20°の時4μm以内に合わせることが必要であると報告されている。

【0019】そこで、図3に示すように、予めフィルタ7の一部にフィルタホルダ71, 72を調整し接合固定したT字形形状としておき、この部材を基板1上の溝8におきフィルタホルダと基板との間を接合する。この際、フィルタ7と溝8との間に接合剤を注入してもよい。このようにフィルタを固定すると、フィルタが溝8の中だけの固定からフィルタホルダ71, 72の固定、さらにはホルダと基板1との間接的固定からフィルタの不安定ではなく、さらには長期固定信頼性を得ることができる。フィルタホルダ71, 72は、図3に示すように、ホルダのコーナに溝を付けた形が適している。また、フィルタホルダとフィルタとの固定は、フィルタホルダ71との固定だけでもよい。

【0020】フィルタ7を固定する形状として、短冊状での構造を示したが、この他の実施例を図4ないし図7に示す。

【0021】図4はフィルタをU字形状となるように短冊フィルタの底部を加工したフィルタ73で、溝も底部をU字溝81としている。

【0022】図5は円柱状フィルタ74に半円形溝82としている。このような形状の組み合わせでは、フィルタの溝への挿入が容易であり、接合固定しても鋭角な接合部がないため、応力集中を起こすことがなく、安定した接合が得られる。また、フィルタの作成においても連続して作成することができ、自動化もしやすくなる。

【0023】図6はフィルタ形状を短冊形から四角形に近い形状とした。短冊状では溝に立てることはむずかしいが、板厚を増していくと安定して立てるようになる。したがって、フィルタ75は正方形である必要はなく、例えば、0.5のフィルタ幅に対し、0.25~0.5の厚さが適している。すなわち幅の50%以上が適している。

【0024】図7はフィルタの底の部分に溝を設け、フィルタをH形状に近いフィルタ76とするととともに、溝コーナに面取りをした溝84とする。フィルタの溝に入っている部分にできるだけ凹凸を付けることにより、接着固定する時の界面でのはがれを起こしにくい形状を提供する。

【0025】図8はフィルタ形状をくさび形あるいは三角形状のフィルタ77とし、溝のフィルタ77にあった形状の溝85としている。

【0026】このように、図4ないし図8のようなフィルタと溝との組み合わせで構成することにより、フィルタの挿入、固定を容易でしかも安定したものとすることができる。

【0027】このフィルタと溝との組み合わせは、これに限るものではなく、例えば、溝8にフィルタ73を挿

入し、フィルタの固定にフィルタホルダ71, 72を使用してもよい。

【0028】フィルタ7の材質は、図9に示すように、ポリイミドフィルム7aをベースとし、この上にSiO₂, TiO₂などのスパッタリング膜7cをつけてフィルタとしているが、さらには、ポリイミドとスパッタリング膜との間に、Ni, Cu, Alなどの膜7bを付けるとさらによい。これは、ポリイミドフィルムの線膨張係数が80×10⁻⁶(/°C)であるのに対し、スパッタリング膜の線膨張係数は5×10⁻⁶(/°C)となるため、膜を付けると大きな熱ひずみがポリイミドに発生する。その結果、ポリイミドがそつたり、熱ひずみが大きい場合には、破壊がある。これを抑えるために、Niなどのバッファ層7bを設けて熱ひずみを吸収する。さらには、スパッタリング膜を付けた後、さらにポリイミドフィルムをつけて、変形を緩和する。

【0029】溝8の形成方法は、Siの異方性エッティングを使う方法、ドライエッティングを使う方法、ダイシングで切断する方法がある。図4ないし図8の溝形成に対しては、ダイシング切断が、高速で短時間切断でき、しかもいろいろな形状の切断が可能であるが、表面性状ではかならずしも最善ではない。切断部分には、光を伝搬させる光伝送路6があり、結合損失を最小にするためにも低速での切断、あるいは、切断後のひずみ取り研磨あるいはエッティングが必要である。異方性エッティングでは端面はひずみがない面が得られるが、エッティングに時間がかかる。したがって、ダイシング切断でひずみを生じない速度での切断が適している。

【0030】本実施例の組み立ては、次のように行う。まず、Si基板1に形成されたLD素子2, PD素子3実装用ピットにそれぞれの素子を接合する。接合時には、光伝送路6との光軸調整が必要であり、Si基板1, LD素子2, PD素子3のそれぞれにマーカを設けておき、このマーカの位置合わせで光軸が合う設計となっている。各素子のSi基板への接合はAu-Snはんだで行う。次に、光ファイバ4, 5の光伝送路61, 62端面への接合を行う。予め、ファイバ先端部にはブロック9, 10を使って挟み込んで固定する。このブロック9, 10の端面を適切な角度に研磨しておく。光伝送路61, 62側にもブロック11を接合し、研磨する。光伝送路とファイバ先端との光軸調整は、フィルタ7の部分に仮のフィルタを設け、ファイバ4から1.5μm帯のモニタ光を入射させながら光軸合わせ、固定を行う。次に、仮のフィルタ7を溝8に光軸合わせして固定する。最後に、LD素子, PD素子の電気配線を行う。LD素子, PD素子配線後の実使用では、完全気密環境での動作が望ましい。したがって、素子ピット上にガラスキャップの接合さらにはSi基板全体を金属ケースに収納する構造が適している。

【0031】本実施例によれば、光伝送路6の途中に設

けた溝8の形状をT字形、U字形、半円形、三角形とし、フィルタ7の形状をT字形、U字形、円形、三角形、四角形などとする。フィルタの断面形状は、多層膜、バッファ層、ベース層の三層構造とする。さらには、フィルタ7の溝への固定前にフィルタホルダ71、72との固定を行う。このように構成して、溝8とフィルタ7とを接合すると、フィルタは不安定になることもなく、確実に溝に固定できる。しかも長期間の使用に対しても接合部ではなく離を起こすこともない。また、多層膜を積層したフィルタも変形あるいは破壊を起こすこともない。また、半導体光結合装置に温度変化が生じても光結合劣化を起こすこともない。また、LD、PD素子は気密構造であり、長期の使用で寿命劣化することもない。

【0032】本実施例では、光導波路を使った半導体光結合装置を中心に説明したが、この他に光集積回路、光合分波器、光スイッチを使った半導体光結合装置でも同様の効果がある。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、光伝送路の途中に設けた溝の形状をT字形、U字形、半円形、三角形とし、フィルタの形状をT字形、U字形、円形、三角形、四角形などとする。フィルタの断面形状は、多層膜、バッファ層、ベース層の三層構造とする。さらには、フィルタの溝への固定前にフィルタホルダとの固定を行う。このように構成して、溝とフィルタとを接合すると、フィルタ

は確実に溝に固定できる効果がある。また、フィルタ形状をコンパクトにしており、溝への固定の容易さあるいは自動化を図れる効果がある。しかも長期間の使用に対しても接合部ではなく離を起こすこともない。また、多層膜を積層したフィルタも変形あるいは破壊を起こさない効果がある。また、半導体光結合装置に温度変化が生じても光結合劣化を起こさない効果がある。また、LD、PD素子は気密構造であり、長期の使用寿命がある効果がある。このように半導体光結合装置を構成することにより、双方向伝送を一台の装置で行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の斜視図。

【図2】本発明の一実施例のフィルタ挿入の状況を示す断面図。

【図3】本発明の一実施例の断面図。

【図4】本発明の第二実施例の断面図。

【図5】本発明の第三実施例の断面図。

【図6】本発明の第四実施例の断面図。

【図7】本発明の第五実施例の断面図。

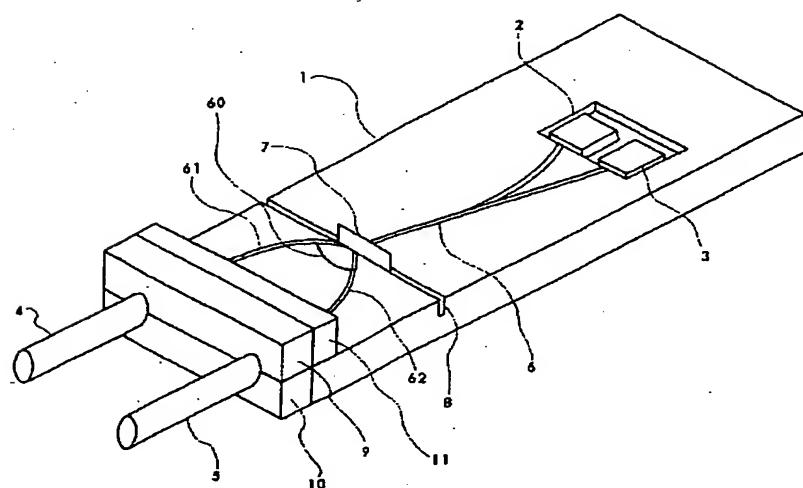
【図8】本発明の第六実施例の断面図。

【図9】フィルタの他の実施例の断面図。

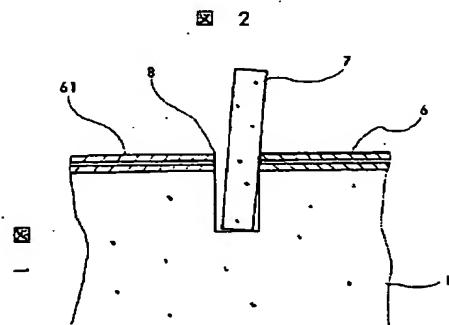
【符号の説明】

1…S1基板、2…LD素子、3…PD素子、4…光ファイバ、6…光伝送路、7…フィルタ、8…溝、9、10…ブロック。

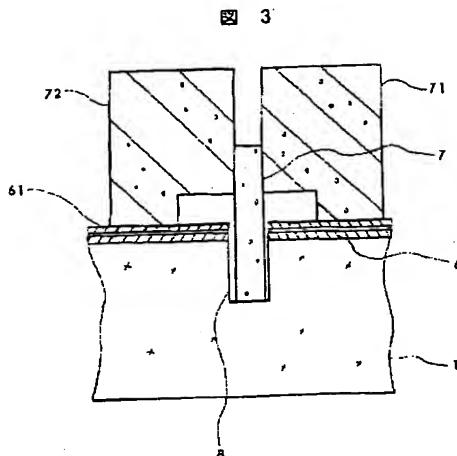
【図1】



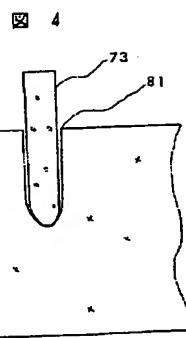
【図2】



【図3】

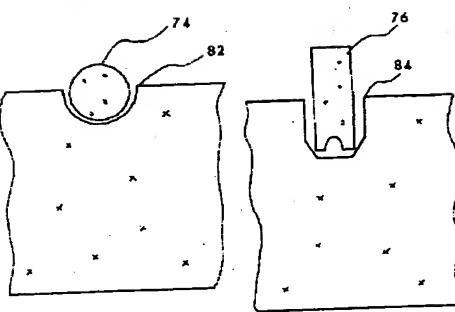


【図4】

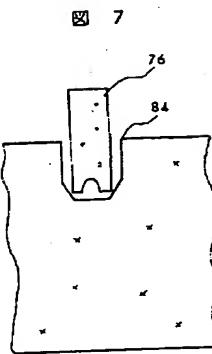


【図5】

図 5



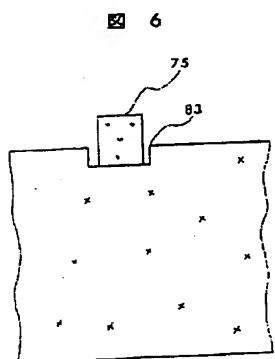
【図7】



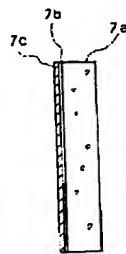
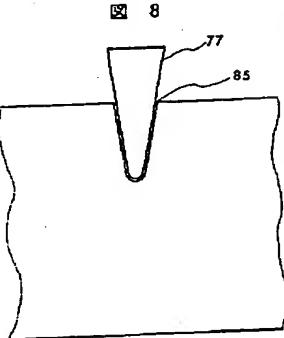
【図9】

図 9

【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 和之
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 石川 忠明
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 寺岡 達夫
茨城県日立市日高町五丁目1番1号 日立電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72)発明者 青木 聰
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式会社日立製作所情報通信事業部内

(72)発明者 岩藤 泰典
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式会社日立製作所情報通信事業部内

(72)発明者 井上 靖之
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 日比野 善典
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本電信電話株式会社内